

# 1.1

## LA GEOMORFOLOGÍA LITORAL DE MALLORCA CUARENTA Y CINCO AÑOS DESPUÉS

---

Lluís GÓMEZ-PUJOL<sup>1</sup> y Guillem X. PONS<sup>2</sup>

1) Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB), Esporles (Illes Balears).

2) Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, Palma (Illes Balears).

### INTRODUCCIÓN

A nadie se le escapa que, en una isla como la de Mallorca, la costa es un activo capital para la actividad turística. Sorprendentemente, en los incipientes años de aquella lejana *Industria de los forasteros*<sup>1</sup>, la costa era un recurso que quedaba en un segundo plano frente al imponente paisaje de la Serra de Tramuntana o activos puntuales como puedan ser las cavidades kársticas. Hoy por hoy –cuando la importancia de la costa obliga a estudiar y a conocer aquellos espacios de los que el hombre y su actividad han desestabilizado el equilibrio biofísico– llama la atención la riqueza académica, en términos históricos, de las investigaciones científicas a propósito de la costa mallorquina, desarrolladas con anterioridad a la eclosión turística de la isla. Efectivamente, los primeros trabajos de carácter descriptivo o temático de la costa mallorquina datan de finales del XIX. Aunque la primera síntesis, aún hoy de obligada referencia, es el trabajo de Karl W. Butzer, *Coastal Geomorphology of Majorca* publicado en *Annals of the Association of American Geographers* en 1962. Cuarenta y cinco años después, coincidiendo con la convocatoria de la *IV Reunión de Geomorfología Litoral* de la Sociedad Española de Geomorfología en el marco de la isla de Mallorca, vale la pena revisar el camino recorrido y sintetizar cuáles han sido las contribuciones y las líneas de investigación desarrolladas durante los últimos nueve lustros.

---

1) La primera línea marítima regular que enlazaba Palma con Barcelona se estableció en 1837, operada por el buque de vapor “El Mallorquín”. Mallorca empezó entonces a recibir visitantes ilustres (George Sand, Jean J. Laurens, Gaston Vuillier, Ludwig S. Hasburg-Lothringen, Adan Diehl, etc.) que promocionarían la isla en toda Europa generando el embrión del desarrollo turístico actual. A finales del siglo XIX aparecen los primeros artículos postulando los beneficios y la necesidad de la explotación del turismo para la modernización de la isla. Así en 1903 Bartomeu Amengual, mallorquín que ejercía de secretario de la Cámara de Comercio de Barcelona, publicó un opúsculo titulado *La Industria de los Forasteros* (Amengual, 1903) a raíz de la cual poco después cristalizaba la entidad Fomento del Turismo de Mallorca y se instalaban las primeras agencias de viajes, a la par que se edificaban los primeros hoteles en la primera línea de la costa noroccidental de Palma (El Terreno). Entre el bucólico turista del XIX y los que vendrían a partir de la estabilización de 1959, existe una abismal diferencia. La capacidad hotelera de 1935 sumaba 3.317 plazas; hoy totaliza alrededor de las 230.152 a las que cabe sumar las segundas residencias y la oferta no regulada.

## LA COSTA COMO OBJETO DE ESTUDIO: *DRAMATIS PERSONAE*

La costa o el litoral, más allá del ámbito de confluencia marítimo-terrestre (Komar, 1998), es el prisma de interacción entre la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera y la biosfera (Pardo y Rosselló, 2001). Una zona de interferencia de cierta complejidad espacial y dimensional, puesto que ésta no tiene un carácter estrictamente lineal, sino que se trata de una franja de terreno más o menos amplia, de extensión variable y límites imprecisos en cada uno de los vectores geográficos, en el temporal y también en el temático (Sanjaume, 1985). Tal configuración se pone de manifiesto en los diferentes campos de estudio de los especialistas que trabajan en geomorfología litoral, entendiendo por tal aquella disciplina que centra su interés en la explicación de la formación y evolución del relieve litoral a partir del estudio de sus formas, los sedimentos y los procesos que se dan en la línea de costa actual (Woodroffe, 2003).

En lo tocante a la consideración de la costa mallorquina como objeto de estudio, desde una perspectiva histórica, pueden distinguirse de tres a cuatro etapas más o menos claras, decantando algunas descripciones, intuiciones y tópicos de sabios clásicos o historiadores del XVIII. Las cuatro divisiones se corresponden con las contribuciones de las memorias de viajes de algunos visitantes ilustres o las campañas de naturalistas del XIX, las investigaciones previas a la segunda mitad del siglo XX, capitaneadas por Joan Cuerda y Karl W. Butzer, a las que siguen una línea de trabajo consolidada en el campo de la geomorfología litoral desde la Universitat de València bajo la dirección de Vicenç M. Rosselló, y el último periodo, finalmente, correspondiente a la consolidación de la Universitat de les Illes Balears y su Departament de Ciències de la Terra, así como de otras instituciones académicas (Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, CSIC-UIB) o bien al trabajo de técnicos en la administración autonómica y/o local.

### *Antecedentes históricos*

En el marco geográfico de las Illes Balears, y en especial en el caso de Mallorca, el conocimiento científico de las costas es considerable y dilatado en el tiempo (Ginés, 2000; Balaguer, 2002). Si se pasa de largo sobre algunos precedentes como los trabajos de las comisiones hidrográficas (Gómez, 1894) o las memorias de los naturalistas y viajeros ilustrados que ofrecen breves descripciones de la costa (Grasset de Saint-Saveur, 1897; Vargas, 1787; Weyler, 1854) o bien de otras obras de mayor calado con descripciones de la costa mucho más detalladas (Hausburg-Lothringen, 1884-1891), el punto de partida de los trabajos propiamente de geomorfología litoral arranca con las observaciones que aparecen en el tratado de geomorfología, a propósito de las calas mallorquinas, del geólogo germánico Albrecht Penck (1894). Mallorca cuenta con el privilegio de acoger el centro de operación y las primeras contribuciones del clan fundador de la oceanografía científica del Estado. En 1906 Odón de Buen creaba un laboratorio oceanográfico en la bahía de Palma, y en 1916 su hijo Rafael de Buen y Lozano publicaba el "*Estudio Batilitológico de la Bahía de Palma de Mallorca*" donde ya se ponían de manifiesto los principales atributos de los sedimentos litorales de la costa mallorquina y se anotaban algunas observaciones de futura trascendencia a propósito del papel de las praderas de *Posidonia oceanica*. Como sucedió con otros científicos afincados en la isla, su defensa de la legalidad republicana truncó su carrera y le condenó al exilio. El conjunto de la obra del geólogo francés Paul Fallot (1889-1960) tiene cierta trascendencia en la geomorfología litoral, en especial aquellos comentarios en los que relaciona algunas características del trazado y naturaleza de la línea de costa con

las unidades morfoestructurales de la isla de Mallorca (Fallot, 1923). Los trabajos de Carandell (1927) donde compara las costas del S y las del SE y las asigna a diferentes estadios del ciclo geográfico, a la par que apunta hacia conceptos de “protoneotectónica”, en el contexto de su tiempo y considerando las limitaciones técnicas y teóricas de la época, suponen el punto de partida de la geomorfología litoral en Mallorca. Las notas de Denizot (1930), de Hernández-Pacheco (1932) y de Mengel (1934) con las que se cierra la primera etapa del conocimiento científico de las costas de Mallorca, pueden considerarse como los antecedentes de la escuela cuaternarista que dominaría la producción de geomorfología litoral de la segunda mitad del siglo XX.

*Joan Cuerda y Karl W. Butzer: pioneros y referencia obligada*

La investigación cuaternarista constituye la configuración casi exclusiva del paisaje científico en la geomorfología litoral y general de Mallorca durante la segunda mitad del siglo XX. Esta escuela tiene dos nombres propios, la influencia de los cuales es todavía hoy de suma importancia. Se trata del paleontólogo Joan Cuerda Barceló y del profesor de la University of Texas at Austin, Karl W. Butzer.

Joan Cuerda (Barcelona, 1912 – Palma de Mallorca, 2003), aunque militar de carrera, fue un destacado paleontólogo “aficionado” –si pudiera asignársele tal calificativo– en el ámbito internacional, así como el *alma mater* de la Societat d’Història Natural de les Balears (Fig. 1). Desde 1947, juntamente con Andreu Muntaner, inició una vasta e intensa campa-



Figura 1. Joan Cuerda –con americana y carpeta bajo el brazo– presentando el yacimiento marino cuaternario de Cala Gamba (Bahía de Palma) a los asistentes al V Congreso de la INQUA (1957) (Foto A. Muntaner).

ña de prospección de fósiles marinos de playas cuaternarias, que iniciándose en la bahía de Palma se extendería al resto de la costa mallorquina, la balear menor y las Pitiusas, hasta recalar en las costas alicantinas (Barceló, 1985). La principal contribución de Joan Cuerda consistió en ir más allá del inventario, localización y clasificación de yacimientos, puesto que enriqueció sus trabajos con observaciones a propósito de la distribución espacial de las especies, su significado cronológico, estratigráfico y ecológico, problemas de datación, paleoclimas, evolución de la línea de costa, nivel marino y sedimentología. Todo ello en vísperas de la consolidación de la curva del nivel marino y los estadios isotópicos de Shackleton y Opdyke (1973). Las publicaciones de Cuerda, así como su excepcional colección paleontológica, determinaron que de la mano de L. Solé Sabarís y F. Hernández Pacheco se planificara una visita a la isla de Mallorca en ocasión del V Congreso de la INQUA (International Quaternary Association) en septiembre de 1957, que encabezarían y dinamizarían el propio J. Cuerda y A. Muntaner. La visita a la formaciones cuaternarias de la bahía de Palma (Fig. 1) supone un hito para el posterior desarrollo del estudio del Cuaternario y la Geomorfología litoral estatal, así como el punto de inicio de una serie de contactos estatales (Solé Sabarís, Pacheco, Crusafont, Alía Medina, Hernández-Pacheco, Riba, Goy, Zazo...) e internacionales (Ambert, Blanc, Butzer, Crabtree, Despois, Eriksson, Fairbridge, Hearty, Jaeckel, Osmaston, Rohdenburg, Rose, Stearns, Thom, ...) que ubicarían a Cuerda y su trabajo en una proyección internacional y reconocimiento nada desdeñables. Una de las primeras aplicaciones del método de cómputo de las series de Uranio a la cronometría costera se practicó con las muestras mallorquinas de Cuerda (Stearns y Thurber, 1965). No es de extrañar que su trabajo de síntesis "Los Tiempos Cuaternarios en Baleares" (1975, 1989), juntamente con sus tres otros libros y un centenar de artículos en publicaciones nacionales e internacionales, hayan ejercido una notable influencia en todas las investigaciones posteriores relacionadas con el estudio del Cuaternario de las Illes Balears y del Mediterráneo occidental (Vicens y Pons, 2002).

Karl W. Butzer (Pomerania, 1934), prestigioso cuaternarista alemán discípulo de Troll<sup>2</sup>, inició su trabajo de campo en la Península Ibérica en 1959 (Fig. 2). Paralelamente a las investigaciones en la cornisa cantábrica, en Cataluña y en el sistema Ibérico, entró en contacto con Joan Cuerda por intermediación de Lluís Solé Sabarís (Rosselló, 1985). Entre 1958 y 1962, Butzer y Cuerda realizaron varias campañas a lo largo de la costa meridional y oriental de Mallorca, de las cuales surgieron varios artículos publicados entre 1961 y 1964 en Mallorca, Madrid y Chicago. Dejando de lado artículos de síntesis y de notable influencia, como la síntesis regional del Cuaternario mediterráneo (Butzer, 1961), cabe destacar en el ámbito de la geomorfología litoral mallorquina los trabajos de estratigrafía pleistocena (Butzer y Cuerda, 1962; 1983) y la primera aproximación descriptiva y clasificación del litoral de Mallorca (Butzer, 1962) que se convertirían en un referente de primer orden. Aunque la geomorfología litoral de Butzer deja en un segundo plano a las costas asociadas al contacto de los relieves alpinos de la isla con el mar (Serra de Tramunana y Serres de Llevant), se aplica, y con esmero, al perfil de los acantilados tallados en el roquedo del Mioceno superior, las dunas pleistocenas, los sistemas dunares, albuferas y playas holocenas. En su artículo ya apunta varias consideraciones ligadas a las interacciones del modelado fluvial, el kárstico y la fracturación que serán retomados por investigadores posteriores. Aunque existen ensayos posteriores a propósito de la clasificación y naturaleza del modelado lito-

2) Carl Troll (1888-1975) fue uno de los geógrafos físicos más influyentes del siglo XX y uno de los principales referentes de la Geografía alemana. Padre de la Ecología del Paisaje, desarrolló su investigación en los campos de la biogeografía, ecología, geomorfología periglacial y microclimatología. Entre otros aspectos, destaca la creación y dedicación a la publicación *Erkunde* y la presidencia de la International Geographical Union, IGU.

ral de Mallorca (Rosselló, 1975; Servera 2004), el trabajo de Butzer continúa por su carácter sintético y analítico manteniendo su condición de referencia obligada y punto de partida.

#### *Vicenç M. Rosselló i Verger*

El geógrafo mallorquín Vicenç M. Rosselló i Verger (Palma de Mallorca, 1931), junto con Cuerda y Butzer, es uno de los geomorfólogos que mayor influencia han ejercido y bajo el maestrazgo y compañía de los cuales han crecido buena parte de los investigadores que trabajarán en la geomorfología litoral de las Baleares y Valencia. Rosselló (Fig. 3) fue el introductor y pionero de la geomorfología litoral en la geografía hispánica, cuando España apenas empezaba a salir de la autarquía (Mateu, 2005a). La obra de Rosselló, suma más de 220 artículos y la dirección de 32 tesis doctorales (Piqueras, 2003; Mateu, 2005b). Publicó su primer trabajo relacionado con la geomorfología litoral a finales de la década de los cincuenta del siglo pasado (Rosselló, 1959b): se trata de los preliminares a un estudio sobre la desecación del Prat de Sant Jordi, en la bahía de Palma. El binomio hombre-litoral va a ser una constante en la obra de Rosselló, desde su primer trabajo publicado en *Estudios Geográficos* (Rosselló, 1959a) hasta su última revisión de la contribución a la definición y explicación de las calas (Rosselló, 2005). El contacto y la fraterna colaboración con Cuerda y Butzer, se traduce en el apartado que en su tesis doctoral dedica a las costas y en especial a las costas rocosas del sur y sureste de Mallorca (Rosselló, 1962). Las primeras observaciones e hipótesis a propósito de la relación entre ramblas, barrancos, fracturación, karst y eustasia



Figura 2. Karl W. Butzer (primero por la derecha) durante sus campañas valencianas en la década de los ochenta, junto con Joan F. Mateu y Vicenç M. Rosselló.





Figura 3. Vicenç M. Rosselló i Verger observando una secuencia dunar cuaternaria (2004) (Foto J.J. Fornós).

van a guiar las investigaciones que aún hoy se desarrollan, comparando el modelado de las costas del Mediterráneo occidental (Valencia, Mallorca, Menorca y Malta). La evolución conceptual y metodológica del trabajo de Rosselló es abrumadora, desde la descripción clásica a partir del trabajo de campo y la fotografía aérea, al análisis morfométrico a partir de modelos digitales del terreno y tecnología SIG, etc. Todo ello sin olvidar la contribución de la toponimia, la arqueología y la etnografía (Rosselló, 1963, 2006).

#### *La consolidación de la investigación en geomorfología litoral*

A pesar de la importancia de las investigaciones iniciadas en la década de los cincuenta bajo el cobijo de la Societat d'Història Natural de les Balears, la dedicación de Joan Cuerda y las contribuciones posteriores desde ámbitos académicos de Karl W. Butzer y Vicenç M. Rosselló, así como algunas campañas de científicos extranjeros (Walter-Levy *et al.*, 1958; Rodhemburg, 1977), la geomorfología litoral no anidaría en la comunidad académica de la isla hasta mediados de los ochenta. No obstante, cabe citar el papel desarrollado por naturalistas aficionados, estudiantes y licenciados de biología y geografía que gracias a las plataformas de la Societat d'Història Natural de les Balears y la Federació Balear d'Espeleologia, dan continuidad a los trabajos de carácter evolutivo de la geomorfología litoral desde una perspectiva paleontológica (Cuerda *et al.*, 1982, 1984 y 1985) o relacionando las variaciones del nivel marino durante el Cuaternario con el endokarst y los espeleotemas freáticos (Ginés y Ginés, 1974). También deben citarse los trabajos que en el campo de la micropaleontología que desde una perspectiva cuaternarista desarrollaba G. Mateu (1972, 1982

y 1985). La creación del Departamento de Geología de la Universidad de Palma de Mallorca, en 1975, catalizará la gestación de un grupo estable de investigadores que desde diferentes campos temáticos (sedimentología, estratigrafía, variaciones del nivel marino, paleontología, etc.) contribuirán al conocimiento geomorfológico de la costa mallorquina. En particular, cabe destacar los inicios del proyecto “Hades” (Pomar *et al.*, 1985), centrados en la relación entre endokarst costero y evolución del nivel marino, así como los estudios de sedimentación reciente de la plataforma balear desarrollados en el marco del proyecto “Carbal” (Fornós, 1987) o la caracterización estratigráfica de las dunas pleistocenas (Fornós *et al.*, 1983).

Son años de gran dinamismo, una universidad joven que crece en alumnos, plantilla y estudios, y que en su devenir acaba cobijando a geólogos y geógrafos en un mismo departamento. En 1986 se crea el Departament de Ciències de la Terra y se establecen las bases de la que sería la configuración actual de la investigación en geomorfología litoral. Por un lado los geólogos dinamizan y fomentan el desarrollo de la geografía física en un departamento con una componente de geografía humana dominante, a la par que se estrechan las relaciones con Vicenç M. Rosselló y los geógrafos de la escuela valenciana. En torno a Antonio Rodríguez-Perea se gesta un grupo de alumnos y becarios que ahondarán en la geomorfología fluvial y los sistemas dunares. El grupo de karstólogos, que habían iniciado la correlación de niveles marinos y posición de espeleotemas freáticos junto a Lluís Pomar (Ginés *et al.*, 1981; Hennig *et al.*, 1981; Pomar *et al.*, 1987) encuentra cobijo institucional en torno a Joan J. Fornós quien, paralelamente, dinamiza un grupo de jóvenes biólogos que contribuyen en la caracterización del sedimento de playa y plataforma somera de Mallorca y Menorca. La importancia de la geomorfología litoral se pone de manifiesto en el número de tesis dedicadas a la materia en el último decenio de vida universitaria balear. Desde 1986 se han leído 28 tesis en el Departament de Ciències de la Terra de la Universitat de les Illes Balears; veinte de ellas pertenecen al campo de la geografía humana y las ocho restantes al de la Geografía Física. De éstas últimas, cinco están dedicadas a la geomorfología litoral. En términos relativos las tesis de geomorfología litoral suponen el 36% de las tesis defendidas en el Departament de Ciències de la Terra en la última década.

En cuanto a la investigación, entre 1986 y 1998 se desarrolla una intensa actividad en la caracterización de los sistemas dunares (Martín *et al.*, 1996; Servera *et al.*, 1994; Servera y Rodríguez-Perea, 1996), su relación con la evolución de la línea de costa (Servera *et al.*, 1996) y las medidas de gestión y prevención de la erosión (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). Paralelamente se producen contribuciones significativas en lo tocante a la caracterización del sedimento de playa y de la plataforma litoral de Mallorca (Jaume y Fornós, 1992; Fornós y Ahr, 1997), a la vez que se retoma el análisis evolutivo de las albuferas mallorquinas (Fornós *et al.*, 1996; Pacheco *et al.*, 1996). La destacable contribución de los hermanos Joaquín y Ángel Ginés convierte a la isla de Mallorca en uno de los escenarios kársticos mejor estudiados y de mayor difusión a escala internacional, tanto en el terreno del dominio terrestre como en el litoral (Ginés y Ginés, 1995; Ginés, 1995), iniciándose a partir de la datación de espeleotemas freáticos el trazado de una curva del nivel marino durante el Cuaternario (Ginés *et al.*, 1999; Ginés, 2000).

Paralelamente a la labor de los geomorfólogos locales desarrollan trabajos en la isla, aprovechando la colección paleontológica e información de campo de Joan Cuerda, P.J. Hearty (Hearty, 1987) y los miembros del grupo encabezado por J.L. Goy y C. Zazo, (Cornu *et al.*, 1993; Hillarie-Marcel *et al.*, 1996) los cuales elaboraron una cartografía geomórfica de detalle de las áreas margino-litorales de la costa de Mallorca (Goy *et al.*, 1997). Durante el

mismo periodo D. Kelletat, asiduo visitante de la isla, publica uno de los primeros trabajos a propósito del papel de la bioerosión en la costa rocosa de Mallorca (Kelletat, 1980), al que le seguirán las contribuciones de geógrafos de la Universidad de Belfast (Moses y Smith, 1994).

Desde 1998 hasta la actualidad son varios los acontecimientos que se suceden y que acaban marcando un punto de inflexión, tanto en las temáticas de estudio como en la composición y difusión de los resultados de las investigaciones. Las relaciones con científicos de otras universidades y la participación en proyectos de ámbito europeo –ESPED: *European Shore Platform Erosion Dynamics*–, abren el campo de la caracterización dinámica de las costas rocosas en Mallorca. Los movimientos de masas (Balaguer, 2005), las tasas de erosión (Gómez-Pujol *et al.*, 2006; Swantesson *et al.*, 2006) y el papel de los organismos –flora y fauna– serán estudiados a conciencia (Fornós *et al.*, 2006); así como también el origen pleistoceno y estructural de los acantilados meridionales y orientales de la isla (Fornós *et al.*, 2005). Es un periodo en el que el contacto habitual con los geomorfólogos de Valencia –Rosselló, Fumanal, Pardo y Segura– se materializa en un rosario de proyectos comunes en los que dunas fósiles, calas e interacción entre fracturación, karst, procesos litorales y fluviales, se traducen en multitud de publicaciones y varias monografías. De la Balear mayor se pasa a la menor (Fornós *et al.*, 2004), y con una perspectiva renovada se regresa al litoral de Mallorca (Fornós *et al.*, 2007; Rosselló, 1995; Rosselló, 2005). De gran trascendencia son los avances en el campo de la datación de espeleotemas a raíz de la colaboración con los geólogos de la Università “Roma Tre” estableciendo paralelismos entre la evolución del nivel marino durante el Cuaternario en Mallorca y Cerdeña (Vesica *et al.*, 2000; Tuccimei *et al.*, 2006 a y b). El avance en el campo de la espeleocronología se debe fundamentalmente a las expectativas y novedades que abre la exploración de cavidades litorales sumergidas (Fig. 4) y la prospección de espeleotemas freáticos antiguos recolectados a



Figura 4. Exploración de cavidades litorales sumergidas en el litoral oriental de Mallorca por parte de espeleólogos de la Federació Balear d'Espeleologia (Foto O. Espinasa).



cotas inferiores al actual nivel marino (Tuccimei *et al.*, 2000), siendo ésta vertiente del estudio del endokarst deudora del trabajo sistemático, a caballo de la exploración decimonónica y el deporte de riesgo, de Francesc Gràcia (Gràcia *et al.*, 1998; 2001; 2006). La combinación del programa de dataciones isotópicas, la caracterización morfológica de la costa rocosa y el estudio sedimentológico de los sondeos de albuferas y restingas litorales, permite evaluar el papel de la neotectónica en la costa oriental de Mallorca, así como tendencias y velocidades de basculamiento y su influencia en la evolución del modelado (Fornós *et al.*, 2002). El estudio y caracterización de las eolianitas del Pleistoceno se beneficia del intercambio científico con el geólogo danés Lars Clemmensen, con el que se desarrolla un intenso programa de dataciones mediante técnicas de luminiscencia remanente y Carbono 14 a lo largo del perímetro litoral (Clemmensen, 1997, 2001; Nielsen *et al.*, 2004). La incorporación al mundo de la gestión política de parte de los miembros del Departament de Ciències de la Terra que se habían significado en el estudio de la dinámica litoral y la geomorfología de los sistemas dunares, ralentiza el número de trabajos y contribuciones en este campo (Servera *et al.*, 2002, 2006; García y Servera, 2003) aunque cabe citar la aparición de la síntesis de los trabajos previos y las propuestas de gestión del litoral, que habrían tenido una gran trascendencia en la prensa y a nivel de debate social (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). Son algunos científicos independientes que colaboran asiduamente con la universidad, aquéllos que mantienen la línea de investigación (Martín *et al.*, 2006) y abren nuevos escenarios en el campo de la gestión y la geomorfología aplicada (Roig y Martín, 2005; Roig *et al.*, 2005; March, 2002). En el campo de la paleontología y de los depósitos marinos cuaternarios se revisan los yacimientos estudiados por Cuerda (Vicens *et al.*, 2001) y se continúa una labor de prospección y clasificación intensa.

Desde principios del 2000 el Grupo de Oceanografía Física en el Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB), encabezado por Joaquín Tintoré, plantea un estudio integral del litoral balear que va desde las aguas profundas a las costeras y de éstas al oleaje incidente en la playa y su relación con el transporte de sedimento. Las primeras contribuciones abordan la caracterización de los temporales (Cañellas *et al.*, 2007), su papel en la morfología de las playas (Orfila *et al.*, 2001), la relación entre la dinámica de la playa y las praderas de *Posidonia oceanica* y las brisas (Basterrexera *et al.*, 2004; Gómez-Pujol *et al.*, en prensa) o el estudio desde una perspectiva dinámica y de gestión de la variabilidad de la línea de costa (Tintoré *et al.*, 2004; Balaguer *et al.*, 2006), así como los impactos asociados a las regeneraciones artificiales (Basterretxea *et al.*, 2006).

El grupo de Goy y Zazo ha seguido realizando algunas aportaciones (González *et al.*, 2001; Zazo *et al.*, 2003). El número de investigadores extranjeros que trabajan en la isla de forma independiente ha descendido notablemente. A excepción del grupo de la universidad londinense que abordó de forma puntual las secuencias de depósitos de playa, dunas y cuerpos aluviales del nordeste de la isla (Rose *et al.*, 1999) y de Kelletat (2005), identificando posibles depósitos de tsunami, un amplio y disperso grupo de científicos viene colaborando con los geomorfólogos de la isla: R. Pope (Derby), K.A. Nielsen, L. Clemmensen, T. Lisborg, R.G. Bromley (Copenhague), W.M. Ahr (Texas), P. Tuccimei, P.L. Vesica (Roma), W.J. Stephenson (Melbourne), J.O.H. Swantesson (Karlstad), entre otros.

## LÍNEAS DE TRABAJO Y PRINCIPALES CONTRIBUCIONES

Cuarenta y cinco años de investigación en geomorfología litoral se traducen en un patrimonio científico considerable. Sobre la base de las contribuciones de los autores y

grupos de investigación enumerados con anterioridad, puede esbozarse un sucinto estado de la cuestión de las materias objeto de estudio de la geomorfología litoral y sus retos de cara a futuras investigaciones. Con la finalidad de mantener un orden expositivo, se parte de la dicotomía del sistema sedimentario costas de acumulación *vs.* costas de erosión, para pasar después a otros aspectos de carácter evolutivo, estructurales y de gestión.

### *El estudio de los sedimentos y las formas no cohesivas*

El sedimento de las playas de Mallorca es arenoso y carbonatado, aunque en el perímetro de los relieves accidentados de la Serra de Tramuntana pueden encontrarse algunas playas de gravas y bloques. El calibre de grano varía desde arena gruesa a muy fina, de forma inversamente proporcional a su contenido bioclástico (Jaume y Fornós, 1992). La composición del sedimento de playa es mayoritariamente bioclástica y aunque es difícil discernir entre los diferentes grupos –el 50% se corresponde a bioclastos indiferenciados dado el elevado grado de abrasión– el peso relativo de fragmentos de foraminíferos, seguidos de los bivalvos, suponen la fracción dominante en la composición del sedimento. El contenido en bioclastos oscila entre un 58 y un 98%, siendo el promedio de un 83%. La composición litológica está formada casi exclusivamente por fragmentos de rocas calcáreas procedentes de la erosión de los acantilados (Jaume y Fornós, 1992) y la contribución del material transportado por ramblas y torrentes es mínima y tan sólo atañe a las fracciones de limos y arcillas (Fornós y Ahr, 1997). Por tanto, el origen y procedencia de los sedimentos que componen el material detrítico de las playas de Mallorca se debe a la contribución de los esqueletos de la biota asociada a los ecosistemas de fanerógamas marinas (principalmente *Posidonia oceanica*) y en menor grado a otros ecosistemas marinos como los medios coralígenos o el *maërl* (Fornós y Ahr, 2006). Por tanto, la naturaleza del sedimento de las playas mallorquinas introduce una componente diferenciada en cuanto al estudio de la dinámica de playas y la política de gestión de éstas. La escasa importancia del aporte fluvial sitúa a los estudios de las playas mallorquinas en posiciones más próximas a las playas tropicales que a las atlánticas o mediterráneas de la península Ibérica.

En esta línea, las principales contribuciones a propósito de la evolución de la línea de costa formada por materiales detríticos, así como los estudios de morfodinámica, van a apuntar al efecto de las praderas de fanerógamas marinas y a la acción antrópica, como principales agentes en la dinámica y evolución de las playas y los campos de dunas o complejos palustres asociados. Así, se ha caracterizado el retroceso de la línea de costa o el impacto de la construcción de puertos deportivos en algunos de los principales arenales de la isla. Servera y Martín (1996) ponen de manifiesto variaciones puntuales para la playa de sa Ràpita (S de Mallorca), a partir del estudio de series históricas de fotografía aérea, las cuales a raíz de la construcción del puerto deportivo de la localidad se traducen en un retroceso máximo de 22 m, en el sector oriental de la playa, y una acreción máxima de 33 m favorecida por el dique de la instalación náutica. En el caso de la playa de Alcúdia (Martín y Servera, 2006) atribuyen a las infraestructuras ingenieriles unas pérdidas de 7.132 m<sup>2</sup> a lo largo de 3 km, desestabilizando la configuración de la playa adaptada a las características hidrodinámicas de la bahía de Alcúdia. Basterretxea *et al.* (2006), por otro lado, también apuntan el efecto de los diques en la dinámica de la planta de la playa de Can Picafort (N de Mallorca) a partir de un análisis de componentes principales, así como también evalúan la efectividad de las regeneraciones artificiales de la playa. Los importantes temporales marinos acaecidos en Mallorca en 2001 y los efectos que ejercieron en las playas y principales zonas turísticas de la isla, impulsan una campaña de estudios de detalle de-

sarrollados en el Institut Mediterrani d'Estudis Avançats. Los trabajos de Tintoré *et al.* (2004), Basterretxea *et al.* (2004) y Orfila *et al.* (2001), en los que se caracteriza la morfodinámica de varias playas de la isla –integrando batimetrías, levantamientos topográficos, propagaciones de oleaje, etc.– concluyen que las praderas de *Posidonia oceanica*, “per se”, ejercen una importante acción de disipación de la energía del oleaje, reduciendo el efecto de las tormentas sobre la playa. No obstante, en circunstancias excepcionales en las que se combinan altas presiones atmosféricas y oleajes de carácter severo, la playa necesita del primer cordón dunar para ajustar su perfil de equilibrio. En el caso que éste haya sido desmantelado u ocupado por una cobertura urbana, entonces se acentúan los problemas de erosión de la playa. Por otro lado, los resultados del Grupo de Oceanografía Interdisciplinario también ponen de manifiesto que buena parte de las playas estudiadas no sufren tendencias erosivas, puesto que la variabilidad de la línea de costa es un fenómeno natural que responde a una secuencia temporal superior al ciclo anual, a lo que cabe sumar que actualmente muchas de las playas caracterizadas presentan una superficie mayor respecto de la situación previa a su urbanización y explotación turística. En algunos casos, tras la acreción de la playa se esconden varias regeneraciones o bien el aterramiento de la playa con arena procedente de la desmantelación del sistema dunar a raíz del proceso de urbanización.

En lo tocante a la caracterización de los sistemas dunares de Mallorca, desde 1997 se cuenta con una descripción y cartografía temática de cada uno de ellos, a raíz de la tesis presentada por Jaume Servera (1997). Debido a la elevada cobertura vegetal que presentan los sistemas dunares, éstos están formados principalmente por dunas parabólicas (Servera y Rodríguez-Perea, 1996). La organización y tipología de dunas está estrechamente relacionada con la zonación vegetal (Martín y Rodríguez-Perea, 1996), los cordones lineales (*foredune*) van asociados a la alianza *Ammophilion*, mientras las dunas semifijadas y las fijadas responden al diferente grado de desarrollo de la alianza *Oleo-Ceratonion*. Los tipos de dunas parabólicas que aparecen en los sistemas dunares de Mallorca (*lunates*, *lobate*, *hemiciclics*, *en-echelon*, *digitate*, *superimposed o nested*), así como su disposición y organización espacial, dependen tanto de la dinámica eólica actual –con especial referencia al grado de conservación de las *foredunes*– como de los cambios climáticos y eustáticos cuaternarios. La caracterización de los sistemas dunares de Mallorca también ha puesto de manifiesto la importancia de la neotectónica como factor para explicar la presencia de éstos o su división en diferentes conjuntos o subsistemas en la bahía de Alcúdia (Gelabert *et al.*, 2002) o bien la desconexión respecto del área fuente de sedimento en s'Estalella (Servera y Rodríguez-Perea, 1997).

Los trabajos relativos a la cartografía, evolución y sedimentología de los complejos restinga-albufera no son una excepción en la producción isleña: desde la cartografía y datación de las unidades morfológicas de la albufera de Alcúdia y el Prat de Sant Jordi (Goy *et al.*, 1997), a la reconstrucción paleoambiental (Burjachs *et al.*, 1994) y estudio sedimentológico de la albufera de Alcúdia (Fornós, 1995; Mateu *et al.*, 2001) y s'Albufereta de Pollença (Pacheco *et al.*, 1996) donde se registran sucesivas intercalaciones de episodios aluviales, palustres, eólicos y marinos.

### *Morfología, agentes y procesos en las costas rocosas*

El estudio de las costas rocosas en Mallorca ha experimentado un notable avance en la última década. Desde un punto de vista dinámico se han caracterizado los agentes, proce-

sos y tasas de erosión de los acantilados en roquedos calcáreos considerando diferentes órdenes de magnitud tanto en el vector temporal como en el de volumen movilizado (Gómez-Pujol *et al.*, 2007). Los movimientos de masas suponen los procesos más importantes en la evolución de los acantilados mallorquines. De los estudiados entre 1998 a 2006, el volumen de material desprendido oscila entre un máximo de 1.413 m<sup>3</sup> y un mínimo de 40 m<sup>3</sup> condicionados por la litología y la fracturación de la roca (Balaguer, 2005). Las precipitaciones intensas y recurrentes tras periodos de menor pluviosidad se han identificado como el desencadenante de los desprendimientos de los acantilados meridionales de Mallorca (Balaguer *et al.*, 2002). La acción del oleaje, junto con una intensa y acentuada red de diaclasas, puede explicar la pérdida de volúmenes cercanos a los 40 m<sup>3</sup> de media en la base de los acantilados. Aunque de carácter puntual, los movimientos de masas caracterizados llegan a suponer retrocesos lineales del orden de 0,5 a 1,5 m. La erosión granular del acantilado, también de mayor continuidad temporal y menor importancia en cuanto a magnitud de retroceso, se ha calculado mediante trampas de sedimento al pie de los acantilados. Balaguer y Fornós (2003) cifran entre 0,025 y 0,117 mm/año la erosión granular de los acantilados en función de la resistencia de roca. El papel de la alteración por sales y de los organismos en la erosión de la costa rocosa, aunque de menor importancia en magnitud pero de frecuencia mucho mayor y acción continua, también han sido evaluados en la costa rocosa carbonatada del sur y sureste de Mallorca. Los valores calculados para la acción biológica otorgan cifras medias de bioerosión de 0,587 mm/a para *Patella sp.* y 0,006 mm/a para *Melaraphé neritoides*, los dos gasterópodos con mayor presencia en las superficies rocosas expuestas a la acción de los rociones y las salpicaduras del oleaje (Fornós *et al.*, 2006). Las tasas de erosión calculadas a partir de TMEM, escáner láser y ensayos de exposición de pastillas de roca (*weight-loss rock tablets*), oscilan entre 0,004 mm/a y 0,310 mm/a, destacando el papel de las sales en la alteración de la roca, así como acentuando el papel del *biofilm* que tapiza la roca en su fatiga y posterior desmantelamiento (Gómez-Pujol, 2006; Gómez-Pujol *et al.*, 2006).

En el campo de la caracterización fisiográfica, cabe destacar la datación del origen y la naturaleza estructural de los acantilados del SE de Mallorca, a partir del estudio de perfiles sísmicos y la datación de eolianitas del Pleistoceno superior (Fornós *et al.*, 2005). Una falla normal es la responsable de la formación del acantilado, entre el Pleistoceno medio y superior (275 a 40 ka), al que se le atribuye un retroceso medio de 0,74 mm/a que, a la vista de las tasas y procesos actuales caracterizados, otorga un papel preponderante a los movimientos de masas en la evolución del acantilado. En la misma línea Gómez-Pujol *et al.* (2006), a partir de estudios morfométricos y cartografía de detalle, ponen de manifiesto la importancia de las formas heredadas en el modelado de acantilados y plataformas litorales. Fornós *et al.* (2005) describen el tramo costero comprendido entre Cap Salines y Cala Figuera, como modelo de las principales mesoformas y registro sedimentario del sur y sureste de la isla, enfatizando la importancia de las relaciones entre karst, modelado fluvial y costero; elementos que serán básicos para recapitular el estado de la cuestión de la mesoforma típica y “propia” del litoral mallorquín: la cala (Rosselló, 1995; Rosselló, 2005). El estudio detallado del lapiaz litoral, que ya contaba con aportaciones de Rosselló (1975) y Kelletat (1980), ha sido retomado y se han establecido relaciones entre formas, alteración por sales, disolución inorgánica y bioinducida, bioerosión y zonación biológica e hidrodinámica, a partir de las cuales se ha postulado un modelo evolutivo que liga con la evolución de las plataformas litorales talladas en las eolianitas cuaternarias (Gómez-Pujol y Fornós, en prensa).



*El registro del Cuaternario litoral y la curva eustática*

Desde la publicación de los trabajos de Cuerda y Butzer a propósito de la estratigrafía y los yacimientos marinos del Pleistoceno superior de Mallorca (Butzer y Cuerda, 1962), la contribución cuaternarista ha sido continua en el tiempo, si bien han cambiado las técnicas y parte de los contenidos. Las secuencias y significado de los depósitos marinos se correlacionan con otras secuencias del Mediterráneo y se ofrecen las primeras dataciones mediante técnicas radiométricas, como la razón Th/U (Stearns *et al.*, 1967), a la par que se propone una terminología alternativa y menos confusa a los ciclos sedimentarios y climáticos (Butzer, 1975). La relación entre la secuencia mallorquina del nivel marino (*high sea stands*) y sus implicaciones climáticas será retomada por Butzer (1985), contrastándola con secuencias de ámbitos extra mediterráneos, y por Pomar y Cuerda (1979) que destacarán su encaje con los ciclos de Milankovitch o aportarán observaciones a propósito del papel de la neotectónica durante el Cuaternario en Mallorca. La datación y caracterización de diferentes moluscos cuaternarios mediante técnicas aminoestratigráficas (Hearty, 1987) así como mediante series radiométricas de Uranio (Hillarie-Marcel, 1996), ha permitido establecer una cronografía más sólida del Cuaternario mallorquín a la vez que se ha discriminado entre depósitos marinos de composición faunística similar pero de edad distinta. En las últimas décadas, una nueva aproximación a la evolución del nivel marino durante el Cuaternario se ha desarrollado a partir de la datación, mediante series de Uranio, de espeleotemas freáticos (Vesica *et al.*, 2000). La formación de sobrecrecimientos de carbonatos freáticos en la superficie de las aguas salobres de cavidades subterráneas del litoral de Mallorca, y que éstos hayan sido localizados por encima (Tuccimei *et al.*, 1998) y por debajo (Tuccimei *et al.*, 2000) del nivel marino actual, permite reconstruir una curva del nivel marino durante el Cuaternario en la que la novedad radica en el gran detalle de la información relativa a los niveles bajos (*low sea stands*); se trata de un aspecto escasamente conocido hasta el presente en el Mediterráneo occidental. El programa de dataciones y prospección de cavidades litorales (Tuccimei *et al.*, 2006; Ginés, 2000) ha permitido identificar tres episodios de *highstand*, en torno a 1,5 y 2,5 m por encima del nivel actual, y dos episodios de *lowstand* por debajo de los 15 m respecto del nivel actual del mar, que cronológicamente se ubican en el estadio isotópico OIS 5. La curva estudiada abarca el periodo comprendido entre 144.000 y 78.000 ka BP. Las fluctuaciones parece que siguen un patrón consistente en niveles del mar lo suficientemente estables como para permitir la formación de los espeleotemas freáticos –al menos 1.000 años–, alternándose con bajadas o subidas rápidas del mar de hasta 18 m de magnitud ocurridas en lapsos temporales inferiores a los 5.000 años (Tuccimei *et al.*, 2006), lo que implica tasas de ascenso o descenso del nivel marino de 2,9 a 8,7 mm/año, siendo el valor promedio de 5,9 mm/año.

En el campo del estudio del Cuaternario, también cabe destacar los trabajos de estratigrafía a propósito de las eolianitas pleistocenas (Clemmensen *et al.*, 1997; Clemmensen *et al.*, 2001), abanicos aluviales (Gelabert *et al.*, 2003; Gómez-Pujol, 1999; Rodríguez-Perea, 1998; Rose *et al.*, 1999) y paleosuelos (Rodhenburg, 1977). Dichas eolianitas están compuestas por materiales bioclásticos litificados que llevan asociados depósitos de playa y/o sedimentos coluviales y fluviales. Las eolianitas presentes en la costa mallorquina aparecen habitualmente adosadas o coronando costas acantiladas, o bien en zonas de piedemonte intercaladas con depósitos terrestres (Fornós *et al.*, 2004; Fornós *et al.*, 2005). La caracterización de las eolianitas ha consistido en la identificación de la tipología de los depósitos eólicos (dunas de frente de acantilado, rampas y dunas ascendentes), aluviales (barras, depósitos de derrame, etc...), coluviales (*scree*s, depósitos de pie de acantilado) y paleosuelos, así como su datación mediante técnicas de magnetoestratigrafía (Nielsen *et al.*, 2004),

radiometría y luminiscencia (Clemmensen *et al.*, 2001); abarcan un registro sedimentario que abraza del OIS 11 al 1 (Clemmensen *et al.*, 2004) y en el que actividad eólica va asociada a episodios áridos y ventosos, relacionados con el descenso del nivel marino (*stadials*), y los depósitos terrestres se corresponden a periodos más húmedos y con un papel del viento menos importante (*interstadials*). La sucesión de los cuerpos sedimentarios aparece gobernada por la tectónica, el nivel marino y el aporte de sedimentos controlados por pulsos climáticos.

### *La gestión litoral: propuestas y experiencias*

La investigación del litoral, en especial en lo tocante a la dinámica y conservación de las playas, pasó del ámbito científico al debate social a finales de la década de los noventa, a raíz de la presentación del informe encargado por el ayuntamiento de Calvià –uno de los municipios turísticos más importantes de la isla– a A. Rodríguez-Perea y J. Servera, profesores del Departament de Ciències de la Terra. El informe, que incorporaba los resultados de una campaña desarrollada de 1998 a 1999 en la playa de Santa Ponça, pasó a conocerse como *Informe Metadona* (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). En él se propugnaba una gestión más respetuosa con el medio y se defendían propuestas de gestión menos impactantes y diferentes a la acción habitual en el litoral que consistía en la regeneración artificial. Entre otros, el informe reclamaba la implicación de la administración pública en el seguimiento y estudio a largo plazo de los sistemas de playa-duna, actividad que de forma parcial ha sido desarrollada por el Institut Mediterrani d'Estudis Avançats en varias playas de la isla (Tintoré *et al.*, 2004). El desarrollo de las directrices del *Informe Metadona* y el estudio técnico y de campo de sus postulados se ha desarrollado a caballo de la isla de Menorca y la de Mallorca, con contribuciones que abordan desde el papel de las técnicas de limpieza de las playas hasta la eficiencia de diferentes trampas-barrera de sedimentos (Roig *et al.*, 2006; Roig y Martín, 2005).

## ¿UNA ESCUELA MALLORQUINA?

Cuarenta y cinco años después de la publicación de la primera síntesis de la geomorfología litoral de Mallorca destaca la importante contribución que viene produciéndose a raíz de proyectos de investigación, contribuciones independientes y publicaciones científicas. Los campos de trabajo han aumentado y las materias son ya muy diversas: dinámica de playas y transporte de sedimento, abanicos aluviales, playas fósiles, eolianitas, sistemas dunares, karst, acantilados, bioerosión, calas, etc. La nómina de investigadores que trabajan habitualmente en las costas mallorquinas ha aumentado notablemente y se reparten entre la Universitat de les Illes Balears, la Universitat de València, la Universitat Politècnica de València, el Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB) o el Museo Natural de Ciencias Naturales (CSIC). No puede olvidarse el grupo de investigadores extranjeros que frecuentemente colaboran con los científicos locales, o la importante investigación de naturalistas independientes que desde la Societat d'Història Natural de les Balears o la Federació Balear d'Espeleologia realizan su contribución al conocimiento de la costa balear (Fig. 5).

Rosselló (1985), algunos años atrás, articulaba un ensayo histórico a propósito de la historia del conocimiento de la costa valenciana. Como colofón a su exposición planteaba la existencia de una *escuela valenciana* de geomorfología litoral pero, en la defensa de la

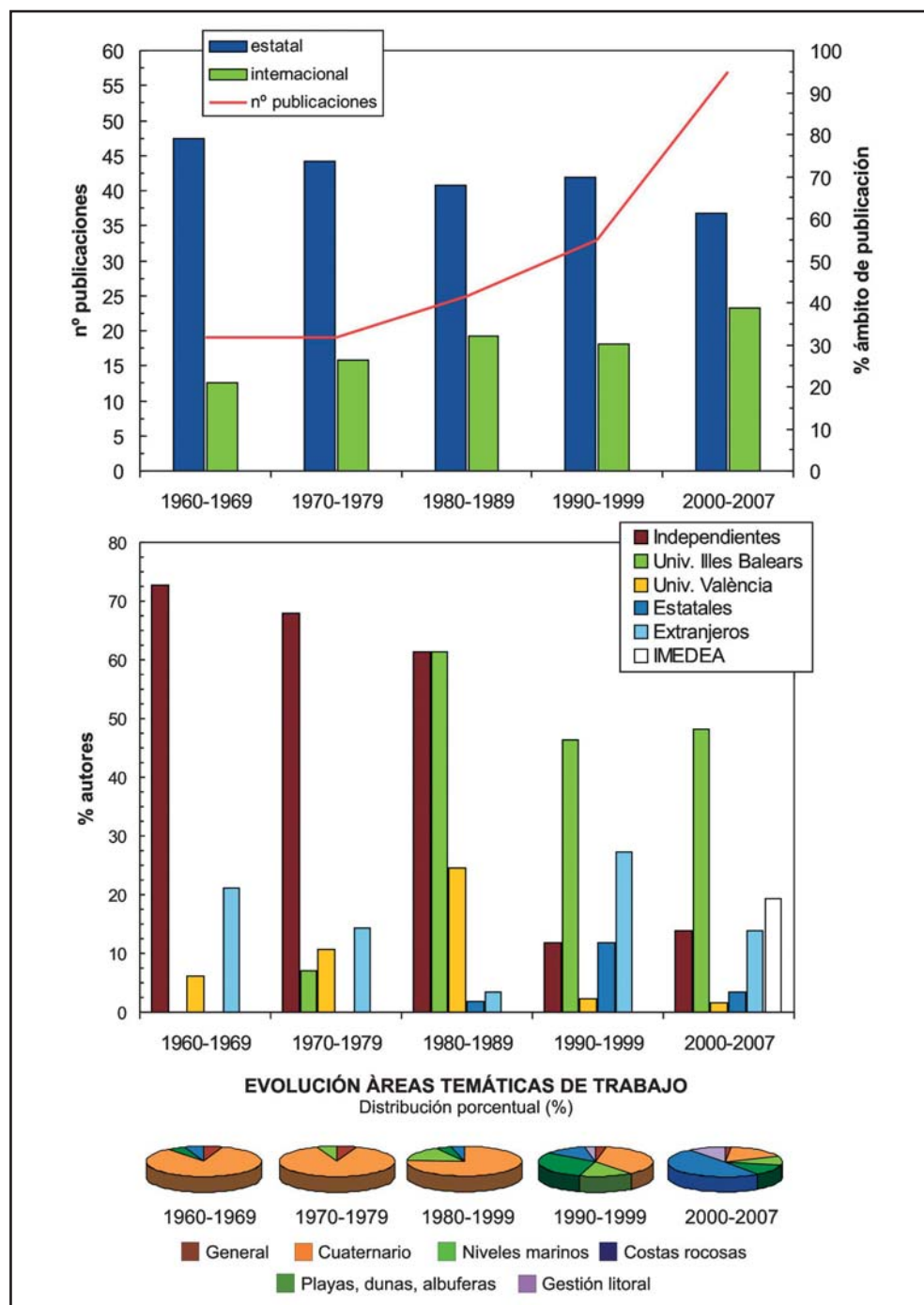


Figura 5. Evolución del número de publicaciones, autores y áreas temáticas de trabajo a propósito de la geomorfología litoral de Mallorca.

misma, las referencias a Cuerda y Butzer y al esquema conceptual de trabajo que desarrollaron en Mallorca eran reiterativas. El mismo Rosselló (Tort, 2001) afirmaba que la experiencia vital mallorquina y la constante comparativa entre las costas baleares y las valencianas han marcado profundamente su trayectoria investigadora. La influencia de Butzer y Cuerda en Rosselló es notable, y el mastrazgo de éste último en lo que define como escuela valenciana es indiscutible. Por ende, basta con revisar la bibliografía de los artículos publicados a propósito de la geomorfología litoral de Mallorca y la trayectoria de los investigadores para percatarse de las constantes referencias a Butzer, Cuerda y Rosselló. Aunque el presente trabajo no tiene por objeto ningún tipo de vindicación, sí que cabe cerrar la revisión de trabajos y autores con la reflexión en torno a la importancia e influencia del trío Cuerda–Butzer–Rosselló en la investigación a propósito del litoral en Baleares y Valencia. A la vista de las contribuciones y grupos de trabajo, ¿puede hablarse de una escuela mallorquina de geomorfología litoral? Dadas las concomitancias y el hermanamiento con la denominada escuela valenciana, ¿nos encontramos ante una escuela valenciana o ante una escuela mallorquina? ¿Existe una sin la otra? ¿Se entendería la escuela valenciana sin la experiencia previa de Rosselló y la influencia mallorquina de Cuerda y Butzer? Los planteamientos no son opuestos, al fin y al cabo, el énfasis está en las formas, en el enfoque metodológico, en las personas o en el área de investigación y, por lo tanto, la respuesta merece un ensayo en sí misma, o no...

### Agradecimientos

El presente trabajo es una contribución al proyecto CLG2006-11242-C03-01-BTE financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia-FEDER.

### BIBLIOGRAFÍA

- Balaguer, P. (2002). El coneixement científic de les costes rocoses de Mallorca (Illes Balears): estudi bibliomètric. *Bolletí de Geografia Aplicada*, 3-4: 75-92.
- Balaguer, P. (2005). *Tipus i evolució de les costes rocoses de Mallorca*. Tesis Doctoral inédita. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. 373 pp.
- Balaguer, P. y Fornós, J.J. (2003). Processos erosius als penya-segats costaners del SE de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental): dades preliminars de l'erosió contínua per disgregació granular. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 46: 37-50.
- Balaguer, P., Fornós, J.J. y Gómez-Pujol, L. (2002). Retroceso de los acantilados del Mioceno Superior en la costa del sureste de Mallorca: los casos de Estret des Temps y S'Alavern. In Serrano, E., García de Celis, A., Guerra, J.C., Morales, C.G. & Ortega, M.T. (eds). *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología. Patrimonio, Montaña, Dinámica Territorial*: 341-350. SEG, Universidad de Valladolid. Valladolid.
- Balaguer, P., Vizoso, G., Ferrer, M.I., Ruíz, M., Orfila, P., Basterretxea, G., Jordi, A., Fornós, J.J., Satorres, J., Roig, E.X. y Tintoré, J. (2006). Zonificación del litoral balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. Establecimiento de un índice de sensibilidad ambiental de la línea de costa. In Pérez-Alberti, A. y Bedoya, J. (eds). *Geomorfología y territorio*: 311-322. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Barceló, B. (1985). semblança biogràfica de Joan Cuerda i Barceló. In *Geomorfologia litoral y Cuaternario: Homenaje a Juan Cuerda*: 7-16. Universidad de Valencia, València.
- Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., Casas, B., Lynett, P., Duarte, C.M. y Tintoré, J. (2004). Seasonal dynamics of a microtidal pocket beach with *Posidonia oceanica* seabeds (Mallorca, Spain). *Journal of Coastal Research*, 20: 133-142.
- Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., Fornós, J.J. y Tintoré, J. (2006). Evaluation of a small volume renourishment strategy on a narrow Mediterranean beach. *Geomorphology*. Doi: 10.1016/j.geomorph.2006.10.019
- Burjachs, F., Pérez-Obiol, R., Roure, J.M. y Julià, R. (1994). Dinámica de la vegetación durante el Holoceno en la isla de Mallorca. In Mateu, I., Dupré, M., Güemes, J. y Burgaz, M.E. (eds). *Trabajos de Palinología básica y aplicada*: 199-210. Universitat de Valencia, Valencia.
- Butzer, K.W. (1962). Coastal geomorphology of Majorca. *Annals of the Association of American Geographers*, 52: 191-212.



- Butzer, K.W. (1975). Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean basin: a mallorquin view. In Butzer, K.W. y Glynn, L.I. (eds). *After the Australopithecines: stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*: 25-71. Mouton. The Hague.
- Butzer, K.W. (1985). La estratigrafía del nivel marino en Mallorca en una perspectiva mundial. In *Homenaje a Juan Cuerda. Pleistoceno y Geomorfología Litoral*: 17-33. Universitat de València. Valencia.
- Butzer, K.W. y Cuerda, J. (1962). Coastal stratigraphy of southern Mallorca and its implication for the Pleistocene chronology of the Mediterranean sea. *Journal of Geology*, 70: 398-416.
- Butzer, K.W. y Cuerda, J. (1983). Pleistocene sea-level stratigraphy of Mallorca. *Revue de Géologie Méditerranéenne*, 20: 259-270.
- Cañellas, B., Orfila, A., Méndez, J.J., Menéndez, M., Gómez-Pujol, J. y Tintoré, J. (2007). Application of a POT model to estimate the extreme significant wave height levels around the Balearic sea (Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research*, SI50: 1-5.
- Carandell, J. (1927). Movimientos lentos en el litoral Este de Mallorca. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 27: 468-473.
- Clemmensen, L.B., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. y Rodríguez-Perea, A. (2004). The formation of carbonate aeolianites in temperate climatic settings: examples from Mallorca, western Mediterranean. In Pena dos Reis, R., Callapez, P. y Dinis, P. (eds). *Sedimentology and society*, 23rd IAS Meeting of Sedimentology: 85-86. International Association of Sedimentologists. Coimbra.
- Clemmensen, L.B., Fornós, J.J., y Rodríguez-Perea, A. (1997). Morphology and architecture of a late Pleistocene cliff-front dune, Mallorca, Western Mediterranean. *Terra Nova*, 9: 251-254.
- Clemmensen, L.B., Lisborg, T., Fornós, J.J. y Bromley, R.G. (2001). Cliff-front aeolian and colluvial deposits, Mallorca, Western Mediterranean: a record of climatic and environmental change during the last glacial period. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 48: 217-232.
- Cornu, S., Pätzold, J., Bard, E., Meco, J. y Cuerda, J. (1993). Paleotemperature of the last interglacial period based on  $\delta^{18}\text{O}$  of *Strombus bubonius* from the western Mediterranean sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 103: 1-20.
- Cuerda, J. (1975). *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Instituto de Estudios Baleáricos. Palma.
- Cuerda, J. (1989). *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Govern de les Illes Balears. Palma. 2a. edició.
- Cuerda, J., Antich, S. y Soler, A. (1984). El Pleistoceno del Torrente de Son Granada (Mallorca). *Bolletí de la Societat Història Natural de les Balears*, 28: 67-80.
- Cuerda, J., Antich, S. y Soler, A. (1985). Las formaciones cuaternarias del Torrente de Cala Blava en la bahía de Palma. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 29: 75-86.
- Cuerda, J., Soler, A. y Antich, S. (1982). Nuevos yacimientos del Pleistoceno marino de Mallorca. *Bolletí de la Societat Història Natural de les Balears*, 26: 16-35.
- de Buen, R. (1916). *Estudio batitológico de la Bahía de Palma de Mallorca*. Instituto Español de Oceanografía. Madrid, 130 pp.
- Denizot, G. (1930). *Sur un rivage quaternaire de l'île Majorque et sur les derniers changements de la Méditerranée occidentale*. Association Française pour l'Avancement des Sciences. Alger.
- Fallot, P. (1923). Esquisse morphologique des îles Baléares. *Revue de Géographie Alpine*, 9: 421-448.
- Fornós, J.J. (1987). *Les plataformes carbonatades de les Balears*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. 954 pp.
- Fornós, J.J. (1995). Enquadrament geològic, evolució estructural i sedimentologia de s'Albufera de Mallorca. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 4: 47-58.
- Fornós, J.J. y Ahr, W.M. (1997). Temperate carbonates on a modern, low-energy, isolated ramp: the Balearic platform, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67: 364-373.
- Fornós, J.J. y Ahr, W.M. (2006). Present-day temperate carbonate sedimentation on the Balearic platform, western Mediterranean: compositional and textural variation along a low-energy isolated ramp. In Pedley, H.M. y Carannante, F. (eds). *Cool-water Carbonates: Depositional Systems and Paleoenvironmental Controls*: 71-84. Geological Society of London, London.
- Fornós, J.J., Balaguer, P., Gelabert, B. y Gómez-Pujol, L. (2005). Pleistocene formation, evolution, retreat rates and processes in carbonate coastal cliff (Mallorca Is., Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research. Special Issue.*, 49: 15-21.
- Fornós, J.J., Barón, A. y Pons, G.X. (1996). Evolució neògena de la zona de s'Albufera d'Alcúdia (Mallorca, Illes Balears). Descripció de la sèrie estratigràfica i facies sedimentàries. *Bolletí Societat Història Natural de les Balears*, 39: 139-154.
- Fornós, J.J., Gelabert, B., Ginés, A., Ginés, J., Tuccimei, P. y Vesica, P. (2002). Phreatic overgrowths on speleothems: a useful tool in structural geology in littoral karstic landscapes. The example of eastern Mallorca (Balearic Islands). *Geodinamica Acta*, 15: 113-125.
- Fornós, J.J., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Riquelme, J. y Rosselló, V.M. (2006). Descripció geomòrfica des Màrmols fins as Balç (Santanyi): un segment modelic del litoral marinenc a Mallorca. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 13: en prensa.
- Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. y Clemmensen, L.B. (2004). Facies architecture of interbedded aeolianites and alluvial fan deposits the Late Pleistocene of Pollença bay (Mallorca Island, Western Mediterranean). In Pena dos Reis, R., Callapez, P. y Dinis, P. (eds). *Sedimentology and society*, 23rd IAS Meeting of Sedimentology: 116. International Association of Sedimentologists. Coimbra.

- Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. y Clemmensen, L.B. (2005). Los sistemas dunares litorales del Pleistoceno Superior de Mallorca: arquitectura de los depósitos vs. contexto estructural. In Hernández-Calvento, L., Alonso, I., Mangas, J. y Yanes, A. (eds). *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral*: 155-159. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria.
- Fornós, J.J., Obrador, A. y Rosselló, V.M. (2004). Història Natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 11. 378 pp.
- Fornós, J.J., Pomar, L. y Rodríguez-Perea, A. (1983). Las eolianitas del Pleistoceno de Mallorca y sus estructuras asociadas. *Comunicaciones del X Congreso Nacional de Sedimentología*: 90-93.
- Fornós, J.J., Pons, G.X., Gómez-Pujol, L. y Balaguer, P. (2006). The role of biological processes and rates of downwearing due to organisms on Mallorcan carbonate coasts (western Mediterranean). *Z. Geomorph. N.F. Suppl. Vol.* 144: 161-181.
- García, C. y Servera, J. (2003). Impacts of tourism development on water demand and beach degradation on the Island of Mallorca (Spain). *Geografiska Annaler*, 85A: 287-300.
- Gelabert, B., Fornós, J.J. y Gómez-Pujol, L. (2003). Geomorphological characteristics and slope processes associated with different basins: Mallorca (Western Mediterranean). *Geomorphology*, 52: 253-267.
- Gelabert, M. y Rodríguez-Perea, A. (1994). Unidades morfológicas del llano de Palma (Mallorca). In Arnáez, J., García-Ruix, J.M. y Gómez, A. (eds). *Geomorfología en España*: 403-411. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño.
- Ginés, A. y Ginés, J. (1974). Consideraciones sobre los mecanismos de fosilización de la Cova de sa Bassa Blanca y su paralelismo con las formaciones marinas del Cuaternario. *Bolletí de la Societat Història Natural de les Balears*, 19: 11-28.
- Ginés, A. y Ginés, J. (1995). Les formes exocàrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 20/*Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 59-70.
- Ginés, A., Ginés, J. y Pomar, L. (1981). Phreatic speleothems in coastal caves of Mallorca (Spain) as indicators of Mediterranean Pleistocene paleolevels. *8th Int. Congr. Speleology Bowling Green*: 533-536.
- Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J.J. y Tuccimei, P. (1999). Dataciones isotópicas de espeleotemas procedentes de cuevas costeras de Mallorca. Estado actual de las investigaciones. In Andreo, B., Carrasco, F. y Durán, J.J. (eds). *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*: 143-152. Patronato de la Cueva de Nerja, Nerja.
- Ginés, J. (1995). L'endocàrst de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics. *Endins*, 20/*Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 71-86.
- Ginés, J. (2000). *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis doctoral inédita. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. 595 pp.
- Ginés, J. y Ginés, A. (1993). Dataciones isotópicas de espeleotemas freáticos recolectados en cuevas costeras de Mallorca (España). *Endins*, 19: 9-15.
- Gómez, J. (1894). Resumen de los trabajos de la comisión hidrográfica de España en la isla de Mallorca en los años 1889 a 1893. *Anales Hidrográficos*, 1 (94). 368 pp.
- Gómez-Pujol, L. (1999). Sedimentología i evolució geomorfològica quaternària del ventall al·luvial des Caló (Betlem, Artà, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 107-124.
- Gómez-Pujol, L. (2006). *Patrons, taxes i formes d'erosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 223 pp.
- Gómez-Pujol, L., Balaguer, P. y Fornós, J.J. (2007). Freqüència, magnitud i escala en la morfodinàmica de les costes rocoses: observacions a s'Alavern (S de Mallorca, Mediterrània occidental). *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 12: 167-185.
- Gómez-Pujol, L., Cruslock, E., Fornós, J.J. y Swantesson, J.O.H. (2006). Unravelling factors that control shore platform and cliffs in microtidal coasts: the case of Mallorcan, Catalanian and Swedish coasts. *Z. Geomorph. N.F. Suppl. Vol.* 144: 117-135.
- Gómez-Pujol, L. y Fornós, J.J. (en prensa). Coastal karren in Balearic Islands. In Deybrodt, W., Ginés, A., Knez, M. y Slabe, T. (eds). *Karst Rock Features. Karren sculpturing*. ZRC Publishing. Ljubljana.
- Gómez-Pujol, L., Fornós, J.J. y Swantesson, J.O.H. (2006a). Rock surface millimetre-scale roughness and weathering of supratidal Mallorcan carbonate coasts (Balearic Islands). *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 1792-1801.
- Gómez-Pujol, L., Orfila, A., Cañellas, B., Álvarez-Ellacuría, A., Méndez, F., Medina, R. y Tintoré, J. (en prensa). Morphodynamic classification of sandy beaches in a microtidal, low marine energy environment. *Marine Geology*.
- González, F.M., Goy, J.L., Zazo, C. y Silva, P.G. (2001). Actividad eólica, cambios del nivel del mar durante los últimos 170.000 años (Litoral de Mallorca, Islas Baleares). *Cuaternario y Geomorfología*, 16: 3-4.
- Goy, J.L., Zazo, C. y Cuerda, J. (1997). Evolución de las áreas margino-litorales de la costa de Mallorca (Islas Baleares) durante el último y presente interglacial: nivel del mar Holoceno y clima. *Boletín Geológico y Minero*, 10: 455-463.
- Gràcia, F. y Vicens, D. (1998). Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. In Fornós, J.J. (ed). *Aspectes geològics de les Balears*: 307-329. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Gràcia, F., Clamor, B., Fornós, J.J., Jaume, D. y Febrer, M. (2006). El sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64.
- Gràcia, F., Clamor, B., Jaume, D., Fornós, J.J., Uriz, M.J., Martín, D., Gil, J., Gràcia, P., Febrer, M. y Pons, G.X. (2005). La cova des Coll (Felanitx, Mallorca): Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.

- Gràcia, F., Clamor, B., Jaume, D., Fornós, J.J., Uriz, M.J., Martín, D., Gil, J., Gracia, P., Febrer, M. y Pons, G.X. (2003). Les coves de cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La cova Genovesa o Cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- Gràcia, F., Clamor, B., Landretch, R., Vicens, D. y Watkinson, P. (2001). Evidències geomorfològiques dels canvis del nivell marí. In Pons, G.X. & Guijarro, J.A. (eds.). El canvi climàtic: passat, present i futur. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 91-119.
- Grasset de Saint-Sauveur, M. (1807). *Voyage dans les îles Baléares et Pithiuses fait dans les années 1801, 1802, 1803, 1804 et 1805*. L. Collin. Paris.
- Hausburg-Lothringen, L.S. (1884-1891). *Die Balearen in Wort un Bild geschildert*. Brockhaus. Leipzig. 7 vol.
- Hearty, P.J. (1987). New data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Science Reviews*, 6: 245-257.
- Hennig, G.J., Ginés, A., Ginés, J. y Pomar, L. (1981). Avance de los resultados obtenidos mediante datación isotópica de algunos espeleotemas epiacáticos mallorquines. *Endins*, 8: 91-93.
- Hernández-Pacheco, E. (1932). Las costas de la Península Hispánica y sus movimientos. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Lisboa*, 5: 89-120.
- Hillarie-Marcel, C., Gariépy, C., Chaleb, B., Goy, J.L., Zazo, C. y Barceló, C. (1996). U-series measurement in tyrrhenian deposits from Mallorca. Further evidence from two last-interglacial high sea levels in the Balearic Islands. *Quaternary Science Reviews*, 15: 53-62.
- Jaume, C. y Fornós, J.J. (1992). Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Bolletí Societat d'Història Natural de les Balears*, 35: 93-110.
- Kelletat, D., Whelman, E., Bartel, P., Scheffers, A. (2005). New tsunami evidences in southern Spain, Cabo de Trafalgar and Mallorca Island. In Sanjaume, E. y Mateu, J. (eds). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger*: 215-222. Universitat de València, València.
- Kelletat, D.H. (1980). Formenschatz und prozessgefüge des "Biokarstes" and der küste von Nordost-Mallorca (Cala Guya). *Berliner Geographische Studien*, 7: 99-113.
- Komar, P.D. (1998). *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice Hall.
- March, A. (2002). *Anàlisi i propostes de millora en la gestió dels platges artificials del Port de Pollença. Aproximació local a la gestió integrada del litoral*. Ajuntament de Pollença, Pollença, 133 pp.
- Martín, J.A. y Rodríguez-Perea, A. (1996). Participación vegetal en la construcción de los sistemas dunares litorales de Mallorca. In Grandal d'Anglade, A. y Pagés, J. (eds). *IV Reunión de Geomorfología*: 785-799. Sociedad Española de Geomorfología, A Coruña.
- Martín, J.A. y Servera, J. (2006). Erosión costera del sector comprendido entre s'Oberta del Gran Canal y el Puerto de Alcúdia (NE, Mallorca). In Pérez-Alberti, A. y Bedoya, J. (eds). *Geomorfología y territorio*: 433-442. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Mateu, G. (1972). Les foraminifères du Tyrrhénien de la Baie de Palma de Majorque et les conditions bioécologiques de l'ancienne Mer Baléare. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditt.*, 20 : 539-541.
- Mateu, G. (1982). El Neógeno-Pleistoceno de Mallorca: biocronología y paleoceanografía en base a los foraminíferos planctónicos. *Bolletí de la Societat Història Natural de les Balears*, 26: 75-133.
- Mateu, G. (1985). Nuevos datos micropaleontológicos para interpretar el glacioteconoeustatismo del Pliopleistoceno de Baleares (Mediterráneo occidental). In *Geomorfología litoral y Cuaternario: Homenaje a Juan Cuerda*: 61-76. Universidad de Valencia, Valencia.
- Mateu, G. Viñals, M.J., Moreiro, M. y Nadal, G. (2001). La trasgresión flandriense a través de los foraminíferos bentónicos del mar Balear. In Pons, G.X. y Guijarro, J.A. (eds). El canvi climàtic: pasta, present i futur. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 13-31.
- Mateu, J.F. (2005a). Bibliografía del profesor Vicenç M. Rosselló. In Sanjaume, E. y Mateu, J. (eds). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger*: pp. 35-44. Universitat de València, València.
- Mateu, J.F. (2005b). Vicenç M. Rosselló i la geomorfologia litoral. In Sanjaume, E. y Mateu, J. (eds). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger*: pp. 13-33. Universitat de València, València.
- Mengel, O. (1934). Mouvements quaternaires dans l'île de Majorque. *Comptes Rendus Sommaires. Société de Géologie de France*, 6: 84-86.
- Moses, C.A. y Smith, B.J. (1994). Limestone weathering in the supra-tidal zones: an example from Mallorca. In Robinson, D.A. & Williams, R.B.G. (eds.), *Rock weathering and landform evolution*: 433-451. Wiley. Chichester.
- Nielsen, K.A., Clemmensen, L.B. y Fornós, J.J. (2004). Middle Pleistocene magnetostratigraphy and susceptibility stratigraphy: data from a carbonate aeolian system, Mallorca, Western Mediterranean. *Quaternary Science Reviews*, 23: 1733-1756.
- Orfila, A., Bateriaetxea, G., Jordi, A., Vizoso, G., Casas, B., Fornós, A., Jansà, A., Genovés, A., Fornós, J.J., Marbà, N., Duarte, C., Lynnet, P., Liu, P., y Tintoré, J. (2003). Effects of the Novembre 2001 severe atmospheric event on two beaches of Mallorca. In *Proceedings of the 4<sup>th</sup> EGS Plinius Conference* held at Mallorca, Spain, October 2002.
- Pacheco, P., Pons, G.X., Sintès, E. y Fornós, J.J. (1996). Geomorphology and biosedimentological characterization of a lagoon system in a microtidal western Mediterranean embayment (Albufereta de Pollença, Balearic Islands). *Z. Geomorph. N.F.*, 40: 117-130.
- Pardo, J.E. y Rosselló, V.M. (2001). El medio litoral en una perspectiva geográfica y aplicada. In Pérez-Alerti et al. (eds.). *Los espacios litorales y emergentes: lectura geográfica*. XV Congreso de Geógrafos Españoles: 15- 37. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.
- Penck, A. (1894). *Morphologie der Erdoberfläche*. Engelhorn. Stuttgart. 2 vol.

- Piqueras, J. (2003). Vicenç M. Rosselló i Verger. *Cuadernos de Geografía*, 34: 73-74.
- Pomar, L. y Cuerda, J. (1979). Los depósitos marinos pleistocenos en Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*, 14: 505-513.
- Pomar, L., Ginés, J., Aulló, F., Carbonell, J., Damians, J., Delgado, E., Félix, G., Font, A., Fornós, J.J., Forteza, V., Ginés, A., Mairata, P., Maroto, A., Mejías, R., Molinas, A., Mora, A., Munar, J., Pascual, A., Payeras, T., Plovins, A., Pol, A., Pons, J., Pueyo, J.J., Ramos, J.F., Riba, O., Rodríguez-Perea, A., Sàbat, F. y Serra, C. (1985). Los espeleotemas freáticos de las cuevas costeras de Mallorca: estado actual de las investigaciones. In *Geomorfología litoral y Cuaternario: Homenaje a Juan Cuerda*: 103-122. Universidad de Valencia, València.
- Pomar, L., Rodríguez-Perea, A., Fornós, J.J., Ginés, A., Ginés, J., Font, A. y Mora, a. (1987). Phreatic speleothems in coastal caves: a new method to determine sea-level fluctuations. In Zazo, C. (ed). Late Quaternary sea-level changes in Spain. *Trabajos sobre Néogeno-Cuaternario*, 10: 197-224.
- Rodhenburg, H. (1977). Neue 14C-daten aus Marokko und Spanien und ihre aussagen for die relief- und bodenentwicklung im Holozän und Jungpleistozän. *Catena*, 4: 215-228.
- Rodríguez-Perea, A. (1998). Ventalls al·luvials i sistemes dunars a Betlem (Artà, Mallorca). In Fornós, J.J. (ed). *Aspectes geològics de les Balears*: 169-180. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Rodríguez-Perea, A., Servera, J. y Martín, J.A. (2000). *Alternatives a la dependencia de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada: informe Metadona*. Universitat de les Illes Balears, Palma. 108 pp.
- Roig, F.X. y Martín, J.A. (2005). Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre las playas de las islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geográficas*, 57: 39-52.
- Roig, F.X., Martín, J.A., Rodríguez-Perea, A. y Pons, G.X. (2006). Valoración geoambiental y económica de diferentes técnicas de gestión de playas. In Pérez-Alberti, A. y Bedoya, J. (eds). *Geomorfología y territorio*: 457-469. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Rose, J., Meng, X. y Watson, C. (1999). Palaeoclimate and palaeoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain. *Journal of the Geological Society, London*, 156: 435-448.
- Rosselló, V.M. (1959a). La Huerta de Levante en Palma de Mallorca. *Estudios Geográficos*, 77: 523-528.
- Rosselló, V.M. (1959b). El Prat de Sant Jordi y su desecación. *Boletín de la Cámara de Comercio, Industria y Navegación. Palma de Mallorca*, 622: 8-18.
- Rosselló, V.M. (1962). *Mallorca, el sur y sureste*. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Palma de Mallorca. Palma.
- Rosselló, V.M. (1963). Anotacions a la toponomàstica del Migjorn i Xaloc de Mallorca. *Bolletí Societat Arqueològica Lul·liana*, 792-796: 25-47.
- Rosselló, V.M. (1975). El litoral de Mallorca, assaig de genètica i classificació. *Mayurqa*, 14: 5-19.
- Rosselló, V.M. (1979). Algunas formas kársticas litorales de Mallorca. In Barceló, B. (ed.), *Actas del VI Coloquio de Geografía*: 115-121. AGE. Palma de Mallorca.
- Rosselló, V.M. (1985). El Pleistocè marí valencià. Història de la seva coneixença. In *Geomorfología litoral y Cuaternario: Homenaje a Juan Cuerda*: 135-174. Universidad de Valencia, València.
- Rosselló, V.M. (1995). Les cales, un fet geomòrfic epònim de Mallorca. *Bolletí Societat d'Història Natural de les Balears*, 38: 167-180.
- Rosselló, V.M. (1998). Torrents i cales de Mallorca: aspectes geomorfològics. In Fornós, J.J. (eds.). *Aspectes geològics de les Balears*: 331-360. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Rosselló, V.M. (2005). Cala, una mesoforma litoral: concepte, models i aproximació morfomètrica. *Cuadernos de Geografía*, 77: 1-18.
- Rosselló, V.M. (2006). Les Illes redescobertes: Mallorca, Menorca, Eivissa i Formentera. Publicacions de l'Abadia de Montserrat. Barcelona, 158 pp.
- Sanjaume, E. (1985). *Las Costas Valencianas. Sedimentología y Morfología*. Universitat de València. València. 505 pp.
- Servera, J. (1997). Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears. 904 pp.
- Servera, J. (2004). *Geomorfología Litoral de les Illes Balears*. Documenta Balear, Palma. 88 pp.
- Servera, J. y Rodríguez-Perea, A. (1996). Morfologías parabólicas de los sistemas dunares litorales de Baleares. Martín, J.A. y Rodríguez-Perea, A. 1996. Participación vegetal en la construcción de los sistemas dunares litorales de Mallorca. In Grandal d'Anglade, A. y Pagés, J. (eds). *IV Reunión de Geomorfología*: 785-799. Sociedad Española de Geomorfología, A Coruña.
- Servera, J. y Rodríguez-Perea, A. (1999). Geomorfología costanera de s'Estatella. *L'entorn de Llucmajor: estudis i comentaris*, 1: 9-30.
- Servera, J., Martín, J.A. (1996). Análisis y causas del retroceso de la línea de costa del arenal de sa Ràpita (Mallorca). In Grandal d'Anglade, A. y Pagés, J. (eds). *IV Reunión de Geomorfología*: 877-890. Sociedad Española de Geomorfología, A Coruña.
- Servera, J., Martín, J.A. y Rodríguez-Perea, A. (2002). Forma y dinámica de las acumulaciones de hojas de *Posidonia oceanica*. Su papel como elemento protector de la playa subaérea. In Pérez-González, A., Vegas, J., Machado, M.J. (eds). *Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio*: 363-369.
- Servera, J., Martín, J.A., Rosselló, J. y Rodríguez-Perea, A. (1994). Análisis de la regeneración de playas por medio de trampas barrera en cala Agulla (Mallorca). In Arnáez, J., García-Ruix, J.M. y Gómez, A. (eds). *Geomorfología en España*: 403-411. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño.
- Shackleton, N.J. y Opdyke, N.D. (1973). Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperature and ice volumes on a 105 and 10 6 year scale. *Quaternary Research*, 3: 39-55.



- Stearns, C.E. y Thurber, D.L. (1965).  $\text{Th}^{230}/\text{U}^{234}$  dates of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean and Moroccan littorals. *Quaternaria*, 7: 29-42.
- Swantesson, J.O.H., Gómez-Pujol, L., Cruslock, E., Fornós, J.J. y Balaguer, P. (2006). Processes and patterns of erosion and downwearing on microtidal rock coasts in Sweden and the Western Mediterranean. *Z. Geomorph. N.F. Suppl. Vol.* 144: 137-160.
- Tort, J. y Tobaruela, P. (1999). La visió integral de la geografia: apunts d'una conversa amb Vicenç Rosselló. En: *L'home i el territori. Vint converses geogràfiques*, pp. 163-172. Rafael Dalmau Editor. Barcelona.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Delitala, C., Pazzeli, L., Taddeucci, A., Clamor, B., Fornós, J.J., Ginés, A. y Gràcia, F. (2000). Dataciones Th/U de espeleotemas freáticos recolectados a cotas inferiores al actual nivel marino en cuevas costeras de Mallorca (España): Aportaciones a la construcción de una curva eustática detallada de los últimos 300 ka para el Mediterráneo Occidental. *Endins*, 23: 59-71.
- Tuccimei, P., Fornós, J.J., Ginés, A., Ginés, J., Gràcia, F. y Mucedda, M. (2006a). Sea level change at Capo Caccia (NW Sardinia) and Mallorca (Balearic Islands) during oxygene isotope substage 5e, based on Th/U datings of phreatic overgrowths on speleothems. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balear.*, 14, en prensa.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Delitala, M.C., Ginés, A., Gràcia, F., Fornós, J.J. y Taddeucci, A. (2006b). Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Z. Geomorph. N.F.*, 50: 1-21.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Ginés, A., Fornós, J.J. y Vesica, P. (1998). Dataciones Th/U de espeleotemas freáticos controlados por el nivel marino, procedentes de cuevas costeras de Mallorca (España). *Endins*, 22: 99-107.
- Vargas, J. (1787). *Descripciones de las islas Pithusas y Baleares*. Ibarra. Madrid.
- Vesica, P.L., Tuccimei, P., Turi, B., Fornós, J.J., Ginés, A. y Ginés, J. (2000). Late Pleistocene paleoclimates and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleothems, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.
- Vicens, D. y Pons, G.X. (2002). In Memoriam. Joan Cuerda Barceló (1912-2003), President d'Honor de la Societat d'Història Natural de les Balears. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 45: 225-234.
- Vicens, D., Pons, G.X., Bover, P. y Gracia, F. (2005). Els tàxons amb valor biogeogràfic i cronoestratigràfic: bioindicadors climàtics del Quaternari de les Illes Balears. In Pons, G.X. y Guijarro, J.A. (eds). *El canvi climàtic: pasta, present i futur*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 121-146.
- Walter-Levy, L., Frécaut, R. y Strauss, R. (1958). Contribution à l'étude de la zone littorale des îles Baléares. Biologie et chimie des algues calcaires. Formes du relief qui leur sont liées. *Revue algologique*, 3: 202-228.
- Weyler, F. (1854). *Topografía Física Médica de las Islas Baleares y en Particular de la de Mallorca*. Imprenta Gelabert. Palma.
- Woodroffe, C.D. 2003. *Coasts. Form, Process and Evolution*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Zazo, C. (1999). Interglacial sea levels. *Quaternary International*, 55: 101-113.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bajardí, T., Hillarie-Marcel, C., Ghaleb, B., González-delgado, J.A. y Soler, V. (2003). Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. *Marine Geology*, 194: 103-133.